

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-249768

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl.

G01T 1/202
G01T 1/20

(21)Application number : 11-054259

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 02.03.1999

(72)Inventor : NISHIMURA HITOSHI

(54) SCINTILATOR AND RADIATION DETECTOR WITH IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase luminous efficiency and to shorten the decay time by forming a scintillator with a crystal emitting fluorescence with the prescribed decay time in response to the incidence of radiation, and setting the decay time of the fluorescence component to a prescribed value or below at the room temperature.

SOLUTION: This scintillator is made of a crystal having the composition expressed by the general formula $\text{CsBr}_{1-x}\text{I}_x$, where (x) is the ratio (mole fraction) of the number of I atoms against the total number (mole number) of Br atoms and I atoms, and $0.01 \leq x \leq 0.1$. If $x < 0.01$, fluorescence intensity becomes weak. If $x > 0.1$, no mixed crystal is generated, I is deposited, and a lattice defect is increased, thus (x) is preferably set to $0.05 \leq x \leq 0.08$. The decay time of the scintillator at the room temperature in response to the incidence of radiation is 2 ns or below, preferably 1.5 ns or below. Fluorescence including the fluorescence component with the very short decay time is emitted from the crystal of the composition. The resolution of a detector using the scintillator having a shorter decay time can be improved, and the decay time is preferably set to 100 ps or above.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.03.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-249768

(P2000-249768A)

(43)公開日 平成12年9月14日(2000.9.14)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テマコード(参考)

G 0 1 T 1/202
1/20

G 0 1 T 1/202
1/20

2 G 0 8 8
B

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-54259

(22)出願日 平成11年3月2日(1999.3.2)

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 西村 仁

大阪府羽曳野市羽曳が丘3-7-12

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

Fターム(参考) 2G088 GG10

(54)【発明の名称】 シンチレータ及びそれを用いた放射線検出器

(57)【要約】

【課題】 発光効率が高くかつ室温において極めて減衰時間が短い蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータ、並びに分解能の高い放射線検出器、を提供すること。

【解決手段】 放射線の入射に応じて所定の減衰時間を有する蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータであって、該シンチレータが、下記一般式：

$CsBr_{1-x}I_x$

〔式中、xは0.01~0.1の数である。〕で表される組成を有する結晶からなり、かつ、前記蛍光成分の減衰時間が室温にて2ns以下である、ことを特徴とするシンチレータ。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射線の入射に応じて所定の減衰時間を有する蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータであって、

該シンチレータが、下記一般式：



【式中、xは0.01～0.1の数である。】で表される組成を有する結晶からなり、かつ、前記蛍光成分の減衰時間が室温にて2 ns以下である、ことを特徴とするシンチレータ。

【請求項2】 前記蛍光が、所定の減衰時間を有する蛍光成分を複数含んでおり、該蛍光成分のうちの少なくとも一つの成分の減衰時間が室温にて2 ns以下であることを特徴とする、請求項1に記載のシンチレータ。

【請求項3】 前記結晶が、下記一般式：



【式中、xは0.01～0.1の数である。】で表される組成となるように混合されたCsBrとCsIとの混合粉末を垂直ブリッジマン法によって結晶化せしめたものであることを特徴とする、請求項1又は2に記載のシンチレータ。

【請求項4】 放射線の入射に応じて所定の減衰時間を有する蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータであって、該シンチレータが、下記一般式：



【式中、xは0.01～0.1の数である。】で表される組成を有する結晶からなり、かつ、前記蛍光成分の減衰時間が室温にて2 ns以下であるシンチレータと、前記シンチレータから発せられた蛍光を検出する蛍光検出器と、を備えることを特徴とする放射線検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、放射線の入射に応じて蛍光を発するシンチレータ、並びにそれを用いた放射線検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、無機シンチレータの中で、減衰時間(decay time、蛍光寿命ともいう)が比較的短く、計測速度の向上が可能なものとして、CsI(ヨウ化セシウム)シンチレータが高エネルギー粒子の検出や医療機器に広く使用されてきた。しかしながら、従来のCsIシンチレータにあつては、発光効率は4～5%と小さく、また速い蛍光成分の減衰時間が10～16 nsと決して十分に短いものではなかった(S. Kubota, J. Ruan, M. Itoh, S. Hashimoto, S. Sakuragi "A New Type of Luminescence Mechanism in Large Band-Gap Insulators: Proposal for Fast Scintillation Materials" Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A289 (1990) p.253-260)。

【0003】一方、CsIにRb(ルビジウム)、K

(カリウム)、Br(臭素)、Cl(塩素)等を不純物としてドーブした結晶からなるシンチレータが検討されており、CsIに少量のBrをドーブすることによって減衰速度が向上することが開示されている(A. Gektin, N. Shiran, V. Shlyahurov, A. Belsky "Development of Fast Scintillators on the Basis of CsI Doped with Homological Impurities" Proc. Int. Conf. on Inorganic Scintillators and Their Applications, SCINT95 (1996) Delft University Press, The Netherlands, p. 415-418)。しかしながら、CsIに少量のBrをドーブした場合であっても減衰時間の減少はごく僅かであり、未だ充分なものではなく、一方、Br濃度が高くなると結晶が不安定となって分解が発生すると従来は認識されていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、発光効率がよくかつ室温において極めて減衰時間が短い蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータ、並びに分解能の高い放射線検出器、を提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、CsBrに少量のIをドーブした場合に、発光効率がよくかつ極めて減衰時間が短い蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータを得られる可能性があることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0006】すなわち、本発明のシンチレータは、放射線の入射に応じて所定の減衰時間を有する蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータであつて、このシンチレータが、下記一般式：



【式中、xは0.01～0.1の数である。】で表される組成を有する結晶からなり、かつ、前記蛍光成分の減衰時間が室温にて2 ns以下である、ことを特徴とするものである。

【0007】また、本発明の放射線検出器は、(a)放射線の入射に応じて所定の減衰時間を有する蛍光成分を含む蛍光を発するシンチレータであつて、このシンチレータが、下記一般式：



【式中、xは0.01～0.1の数である。】で表される組成を有する結晶からなり、かつ、前記蛍光成分の減衰時間が室温にて2 ns以下であるシンチレータと、

(b) 前記シンチレータから発せられた蛍光を検出する蛍光検出器と、を備えることを特徴とするものである。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。尚、図面中、同一又は相当部分には同一符号を付することとする。

【0009】先ず、本発明のシンチレータについて説明する。

【0010】本発明のシンチレータは、下記一般式：



で表される組成を有する結晶からなるものである。上式中の x は、結晶中のBr（臭素）原子とI（ヨウ素）原子との合計数（モル数）に対するI原子の数の比率（モル分率）であり、原料としてCsBr（臭化セシウム）とCsI（ヨウ化セシウム）との混合物を用いる場合は原料中のCsIのモル分率に相当する。

【0011】本発明においては、上記 x が0.01以上0.1以下の範囲の数であることが必要である。 x が0.01未満では蛍光強度が弱くなり、他方、 x が0.1を超えると混晶ができず、Iが析出し、格子欠陥が増加する。また、上記 x は0.05以上0.08以下の範囲の数であることが好ましい。 x が上記下限未満ではI₂の数が減少し、蛍光強度が弱くなる傾向にあり、他方、 x が上記上限を超えるとIの析出による格子欠陥が増加し、早い減衰時間の成分が減少する傾向にある。

【0012】加えて、上記本発明のシンチレータは、放射線の入射に応じて、室温における減衰時間が2ns以下、好ましくは1.5ns以下、である蛍光成分を含む蛍光を発するものである。このように室温における減衰時間が2ns以下という、極めて減衰時間が短い蛍光成分を含む蛍光が上記組成の結晶から発せられるということは、従来は全く認識されておらず、本発明者によって初めて見出された事実にはかならない。そして、本発明のシンチレータによって発せられる蛍光は上記のように室温において極めて減衰時間が短い蛍光成分を含むため、その成分を用いることによって非常に分解能が高い放射線検出器が得られる。他方、減衰時間が短いほどそのシンチレータを用いた放射線検出器の分解能の向上が可能となるが、減衰時間が100ps未満ではシンチレータと組み合わせて用いられる蛍光検出器の分解能を超えてしまう傾向にあることから、上記減衰時間は100ps以上であることが好ましい。なお、ここでいう「室温」とは、300K（27℃）をいう。

【0013】また、本発明のシンチレータによって発せられる蛍光は、その発光メカニズムに基づいて通常複数の減衰成分（蛍光成分）を含んでおり、その場合はそれらの減衰成分のうちの少なくとも一つの成分（いわゆる早い成分（fast component））の減衰時間が室温にて2ns以下である。このように、本発明のシンチレータによって発せられる蛍光は、室温において極めて減衰時間が短い蛍光成分を少なくとも一つ含むため、その成分を用いることによって非常に分解能が高い放射線検出器が得られる。

【0014】なお、ここでいう「減衰時間」とは、シンチレータによって発せられた蛍光の減衰曲線を以下の方法にしたがって解析して求めた値である。すなわち、先

ず、蛍光が一つの成分からなる場合は、その減衰曲線は以下の指数関数：

$$F(t) = k \cdot e^{-t/\tau}$$

〔式中、 t は時間、 $F(t)$ は時間に対する蛍光強度の関数、 k は蛍光強度の初期値（ $k = F(0)$ ）、 τ は減衰時間、をそれぞれ示す〕で表される。そして、減衰時間は蛍光強度が初期値の $1/e$ に減衰するまでの時間であり、以下の関係：

$$F(\tau)/F(0) = 1/e$$

10 を満たす値である。

【0015】また、蛍光が二つの成分からなる場合は、図1に示すように、その減衰曲線は二つの指数関数の和、すなわち以下の関数：

$$F(t) = f_1(t) + f_2(t) \\ = k_1 \cdot e^{-t/\tau_1} + k_2 \cdot e^{-t/\tau_2}$$

〔式中、 t は時間、 $F(t)$ は時間に対する蛍光強度の関数、 $f_1(t)$ は第1成分についての時間に対する蛍光強度の関数、 $f_2(t)$ は第2成分についての時間に対する蛍光強度の関数、 k_1 は第1成分についての蛍光強度の初期値（ $k_1 = f_1(0)$ ）、 k_2 は第2成分についての蛍光強度の初期値（ $k_2 = f_2(0)$ ）、 τ_1 は第1成分についての減衰時間、 τ_2 は第2成分についての減衰時間、をそれぞれ示す〕で表される。そして、第1及び第2成分についての減衰時間はそれぞれ、第1及び第2成分についての蛍光強度が初期値の $1/e$ に減衰するまでの時間であり、以下の関係：

$$f_1(\tau_1)/f_1(0) = 1/e$$

$$f_2(\tau_2)/f_2(0) = 1/e$$

を満たす値である。

30 【0016】更に、蛍光が三つ以上の成分からなる場合も同様に、その減衰曲線はその成分数に応じた指数関数の和で表され、各成分についての減衰時間は各成分についての蛍光強度が初期値の $1/e$ に減衰するまでの時間として求められる。

【0017】従って、計測データ（蛍光の減衰データ）を最小二乗法を用いて近似すると共に、その成分数に応じた数の指数関数を求め、得られた指数関数に基づいて各成分についての減衰時間が求められる。そして、蛍光が複数の成分からなる場合は、得られた減衰時間がより短い成分がより早い成分に対応する。なお、このような解析方法はシンチレータの特性を評価する方法として一般的に使用されている方法である。

40 【0018】本発明のシンチレータに入射される放射線（励起光）としては、シンチレータに吸収された際にその結晶中に励起状態を形成するものであればよく、例えば γ 線、 α 線、 β 線、X線、紫外線が挙げられる。かかる放射線（種類、光子エネルギー）に応じて各成分についての蛍光強度は変化するが、上記減衰時間は対象とする放射線の影響を受けない。また、本発明のシンチレータから発せられる蛍光のピーク波長は、その組成に応じ

て変化するが、概ね287nmである。

【0019】更に、本発明のシンチレータの密度は概ね 4.44 g/cm^3 と比較的高く、それゆえに γ 線等の放射線に対するストッピングパワー、ひいては吸収係数が高い。また、本発明のシンチレータは、NaI(Tl)の発光強度を100%とした時の相対発光強度(発光効率)が13.9~17.5%であり、従来のCsIシンチレータよりも発光効率が高い。

【0020】上記本発明のシンチレータを製造する方法は特に制限されないが、大型結晶の合成が可能ないわゆる垂直ブリッジマン法が好ましい。垂直ブリッジマン法とは、試料の融液を入れた縦長のるつぼを所定の温度勾配をもつ縦型炉(結晶成長炉)の中でゆっくり降下させ、るつぼ中の融液の下端から固化させて結晶を得る方法である。具体的には、以下の方法が特に好ましい。

【0021】(i) 先ず、下記一般式：



[式中、xは0.01~0.1の数である。]で表される組成となるようにCsBrとCsIとを混合して混合粉末(試料)を得る。

【0022】(ii) 次に、上記混合粉末を縦長のるつぼ(例えば石英容器)の中に入れた後、るつぼ内を真空状態(真空度： 10^{-3} ~ 10^{-5} Torr)にしてるつぼを密封する。

【0023】(iii) その後、上記るつぼを、所定の温度勾配(高温帯：640~670℃、低温帯：420~450℃)をもつ縦型炉の高温帯に配置して、上記混合粉末を融液状態にする。

【0024】(iv) 続いて、上記るつぼを、降温速度が1.2~4.6℃/hrとなるように上記高温帯から低温帯にゆっくり降下させ、上記融液をその下端から結晶化せしめる。それによって、上記本発明のシンチレータを構成する結晶が効率良くかつ確実に得られる。

【0025】次に、本発明の放射線検出器について説明する。図2に、本発明の放射線検出器の好適な実施形態を示す。同図に示す放射線検出器は、上記本発明のシンチレータ10と、蛍光検出器としての光電子増倍管20とを備えている。具体的には、筒状容器11の中にシンチレータ10が配置されており、筒状容器11の蛍光出力面12以外の放射線入力面13には反射防止膜14が形成されている。また、光電子増倍管20は、蛍光入力面21を有する密封容器22を備えており、蛍光入力面21の内側に光電面23が形成され、更に密封容器22中に収束電極24、ダイノード25及びアノード26が配置されている。そして、蛍光出力面12と蛍光入力面21とがシリコンオイル等のカップリング材によって密着されている。

【0026】このような放射線検出器のシンチレータ10に放射線源30から放射線31が入射され、シンチレータ10中の原子に衝突すると、一次的に励起状態が形

成されて蛍光32が発せられる。次いで、蛍光出力面12及び蛍光入力面21を透過した蛍光によって光電面23内の電子が励起されて真空中に光電子33が放出される。そして、光電子33は収束電極24によって収束され、ダイノード25によって増倍(二次電子増倍)された後、二次電子群(電荷)がアノード26から取り出される。

【0027】このようにして、放射線のエネルギーに比例した量(強度)の蛍光がシンチレータ10において発生し、その蛍光量(蛍光強度)に比例した電荷が光電子増倍管20によって出力されるため、結果的には光電子増倍管20の出力パルス波高が放射線のエネルギーに比例する。従って、出力パルスの波高値と計数率を測定することによって放射線のエネルギー分布とその線量を測定することができる。加えて、本発明のシンチレータによって発せられる蛍光は、前述のように室温において2ns以下という極めて減衰時間が短い蛍光成分を含むため、その成分を用いることによって放射線検出器の分解能の向上が可能となる。

20 【0028】以上、本発明の放射線検出器の好適な実施形態について説明したが、本発明の放射線検出器は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では蛍光検出器として光電子増倍管を使用しているが、蛍光検出器はフォトダイオード等であってもよい。また、上記実施形態ではラインフォーカス型の光電子増倍管を使用しているが、それ以外の型(例えば、ボックス型、サーキュラケージ型、ベネシアンブラインド型、ファインメッシュ型、マイクロチャンネルプレート型)であってもよい。

30 【0029】

【実施例】以下、実施例及び比較例に基づいて本発明をより具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0030】実施例1

先ず、CsBr(和光純薬(株)製、商品名：臭化セシウム純度99.9% 035-12062)とCsI(和光純薬(株)製、商品名：ヨウ化セシウム純度99.9% 035-12442)との比率(モル比)が95:5となるように混合して混合粉末(試料)を得た。次に、上記混合粉末6~8gを石英製円筒容器(20mm ϕ ×35mm L)の中に入れた後、容器内を真空状態(真空度： 10^{-5} Torr)にして容器を密封した。その後、上記容器を、所定の温度勾配(高温帯：670℃、低温帯：420℃)をもつ縦型炉の高温帯に配置して、上記混合粉末を融液状態にした。続いて、上記容器を、降温速度が1.2~4.5℃/hrとなるように上記高温帯から低温帯にゆっくり降下させ、上記融液をその下端から結晶化せしめた。

【0031】得られた結晶の組成はCsBr_{0.95}I_{0.05}であり、その密度は 4.44 g/cm^3 であった。その結晶を10mm ϕ ×2mm Tに切断し、本発明の試料シ

ンチレータを得た。

【0032】(減衰時間の測定) 図3に示す測定装置を使って、遅延同時計数法(delayed-coincidence method)によって上記シンチレータの減衰時間を測定した。図3に示す装置においては、リファレンスとしてBaF₂シンチレータ50が用いられ、光電子増倍管(PMT、浜松ホトニクス(株)製)51及び定フラクシオンデスクリミネータ(CFD)52を介して時間-振幅変換回路(TAC)53のスタート入力に接続されている。また、放射線源54として²²Naが使用され、放射線源54を挟んでBaF₂シンチレータ50と上記試料シンチレータ55とが等間隔で対向するように配置されている。更に、放射線源54からの放射線が直接入射せずかつ試料シンチレータ55からのシンチレーション光がシングルフォトンとなるように鉛ブロック56で囲われたPMT(浜松ホトニクス(株)製)57が配置され、前置増幅器(fast amp)58、CFD59及び遅延回路60を介してTAC53のストップ入力に接続されている。

【0033】そして、以下の測定条件:

放射線: γ 線(511keV)

の下で試料シンチレータ55から発せられた蛍光の減衰データを多チャンネルアナライザー(MCA)61で求め、コンピュータ62により減衰データを最小二乗法を用いて近似すると共に、蛍光成分数に応じた数の指数関数を前述のようにして求めた。得られた減衰データ、減衰曲線及び指数関数を図4に示す。

【0034】図4に示した指数関数から明らかなように、早い蛍光成分についての減衰時間(τ_{short})が1.4ns、遅い蛍光成分についての減衰時間(τ_{long})が13.5nsであり、遅い蛍光成分の光量に対する早い蛍光成分の光量の比($S_{\text{short}}/S_{\text{long}}$)は0.22であった。なお、減衰時間(τ_{short})が140psの蛍光成分も含まれていたが、測定システムの分解能(~200ps)を超えているのでここでは検討対象としなかった。

【0035】(相対発光強度の測定) 放射線源としてX線、分光器としてカール・ツァイス社製の商品名:M4QIII、PMTとして浜松ホトニクス(株)製の商品名:R-955を用いて、以下の測定条件:

温度: 300K

の下で試料シンチレータから発せられた蛍光の各波長に対するスペクトルを測定した。その蛍光スペクトルの積分値(発光強度)を、同様にして求めたNaI(Tl)の発光強度と比較したところ、後者の発光強度を100%とした時に前者の相対発光強度(発光効率)は17.5%であった。

(蛍光スペクトルの温度依存性及び発光強度の温度依存性の測定) 放射線源としてX線、分光器としてカール・ツァイス社製の商品名:M4QIII、PMTとして浜松ホトニクス(株)製の商品名:R-955を用いて試料

シンチレータから発せられた蛍光スペクトルの温度依存性を測定した。得られた結果を図5に示す。また、その測定データから発光強度の温度依存性を求め、その結果を図6に示す。

【0036】実施例2

CsBrとCsIとの比率(モル比)が90:10となるように混合した以外は実施例1と同様にして結晶を得、その結晶を用いて本発明の試料シンチレータを得た。得られた結晶の組成はCsBr_{0.90}I_{0.10}であり、その密度は4.44g/cm³であった。

【0037】上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様にして蛍光の減衰データを求め、その減衰データに基づいて蛍光成分数に応じた数の指数関数を求めた。得られた減衰データ、減衰曲線及び指数関数を図7に示す。図7に示した指数関数から明らかなように、早い蛍光成分についての減衰時間(τ_{short})が0.72ns、遅い蛍光成分についての減衰時間(τ_{long})が10.7nsであり、遅い蛍光成分の光量に対する早い蛍光成分の光量の比($S_{\text{short}}/S_{\text{long}}$)は0.15であった。

【0038】また、上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様にして蛍光の各波長に対するスペクトルを測定した。得られた結果を図8に示す。また、その測定データから相対発光強度を求めたところ、NaI(Tl)の発光強度を100%とした時に相対発光強度(発光効率)は13.9%であった。

【0039】更に、上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様にして蛍光スペクトルの温度依存性を測定した。得られた結果を図9に示す。また、その測定データから発光強度の温度依存性を求め、その結果を図10に示す。

【0040】実施例3

CsBrとCsIとの比率(モル比)が99:1となるように混合した以外は実施例1と同様にして結晶を得、その結晶を用いて本発明の試料シンチレータを得た。得られた結晶の組成はCsBr_{0.99}I_{0.01}であり、その密度は4.44g/cm³であった。

【0041】上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様にして蛍光の各波長に対するスペクトルを測定し、その測定データから相対発光強度を求めたところ、NaI(Tl)の発光強度を100%とした時に相対発光強度(発光効率)は17.1%であった。

【0042】更に、上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様にして蛍光スペクトルの温度依存性を測定した。得られた結果を図11に示す。また、その測定データから発光強度の温度依存性を求め、その結果を図12に示す。

【0043】比較例1

CsBrとCsIとの比率(モル比)が10:90となるように混合した以外は実施例1と同様にして結晶を

得、その結晶を用いて試料シンチレータを得た。得られた結晶の組成は $\text{CsBr}_{0.10}\text{I}_{0.90}$ であり、その密度は 4.5 g/cm^3 であった。

【0044】上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様に蛍光の各波長に対するスペクトルを測定し、その測定データから相対発光強度を求めたところ、 NaI(Tl) の発光強度を100%とした時に相対発光強度(発光効率)は5.1%であった。

【0045】更に、上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様に蛍光スペクトルの温度依存性を測定した。得られた結果を図13に示す。また、その測定データから発光強度の温度依存性を求め、その結果を図14に示す。

【0046】比較例2

CsBr のみを原料として用いた以外は実施例1と同様に結晶を得、その結晶を用いて試料シンチレータを得た。得られた結晶の組成は CsBr であり、その密度は 4.44 g/cm^3 であった。

【0047】上記試料シンチレータを用い、実施例1と同様に蛍光の各波長に対するスペクトルを測定し、その測定データから相対発光強度を求めたところ、 NaI(Tl) の発光強度を100%とした時に相対発光強度(発光効率)は0%であった。

【0048】図4及び図7に示した結果から明かなように、本発明のシンチレータは、室温において2ns以下という極めて減衰時間が短い蛍光成分を含む蛍光を発するものであり、しかも発光効率も充分に高水準であった。他方、本発明の範囲外のシンチレータは発光効率が低いものであった。

【0049】また、図5、図6、図9、図10、図11及び図12に示した結果から明かなように、本発明のシンチレータは室温で発光効率が高く、しかも減衰時間が短いという特性が得られた。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のシンチレータによれば、発光効率を高水準に維持しつつ、室温において極めて減衰時間が短い蛍光成分を含む蛍光を発することが可能となる。また、本発明のシンチレータによって発せられる蛍光は上記のように室温において極めて

減衰時間が短い蛍光成分を含むため、その成分を用いることによって非常に分解能が高い放射線検出器を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】減衰曲線の解析方法を説明するための、減衰データ、減衰曲線及び指数関数を示すグラフである。

【図2】本発明の放射線検出器の好適な一実施形態を示す断面模式図である。

【図3】減衰時間を測定するための装置構成を示すブロック図である。

【図4】実施例1で得られたシンチレータにおける減衰データ、減衰曲線及び指数関数を示すグラフである。

【図5】実施例1で得られたシンチレータにおける蛍光スペクトルの温度依存性を示すグラフである。

【図6】実施例1で得られたシンチレータにおける発光強度の温度依存性を示すグラフである。

【図7】実施例2で得られたシンチレータにおける減衰データ、減衰曲線及び指数関数を示すグラフである。

【図8】実施例2で得られたシンチレータにおける蛍光スペクトルを示すグラフである。

【図9】実施例2で得られたシンチレータにおける蛍光スペクトルの温度依存性を示すグラフである。

【図10】実施例2で得られたシンチレータにおける発光強度の温度依存性を示すグラフである。

【図11】実施例3で得られたシンチレータにおける蛍光スペクトルの温度依存性を示すグラフである。

【図12】実施例3で得られたシンチレータにおける発光強度の温度依存性を示すグラフである。

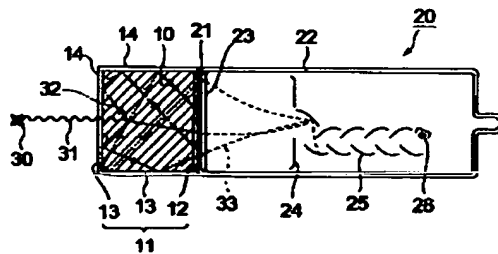
【図13】比較例1で得られたシンチレータにおける蛍光スペクトルの温度依存性を示すグラフである。

【図14】比較例1で得られたシンチレータにおける発光強度の温度依存性を示すグラフである。

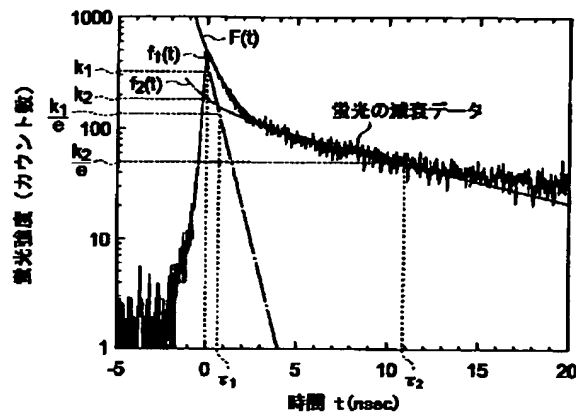
【符号の説明】

10…シンチレータ、11…筒状容器、12…蛍光出力面、13…放射線入力面、14…反射防止膜、20…光電子増倍管、21…蛍光入力面、22…密封容器、23…光電面、24…収束電極、25…ダイノード、26…アノード、30…放射線源、31…放射線、32…蛍光、33…光電子。

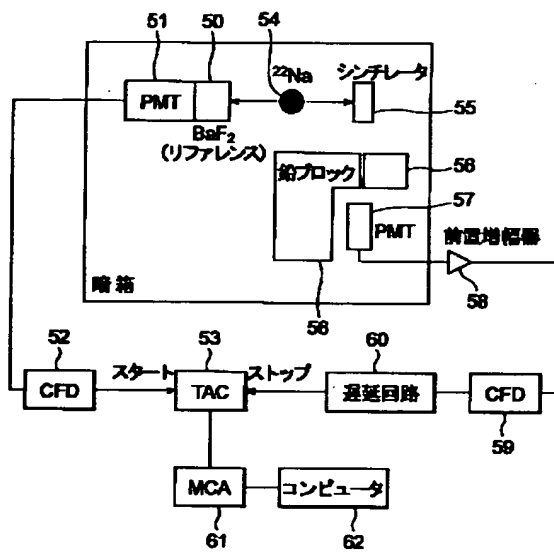
【図2】



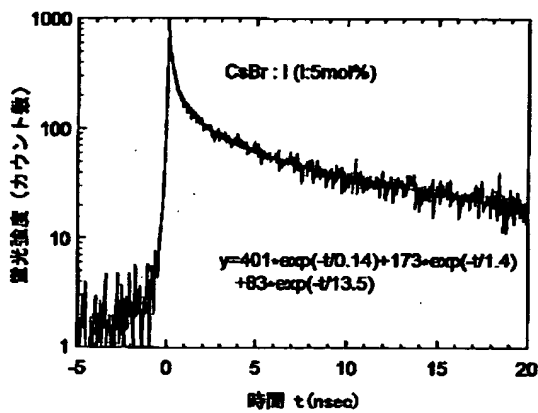
【図1】



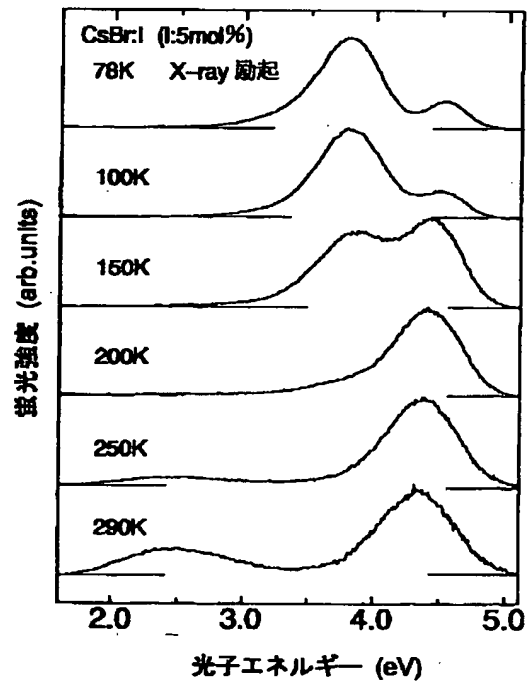
【図3】



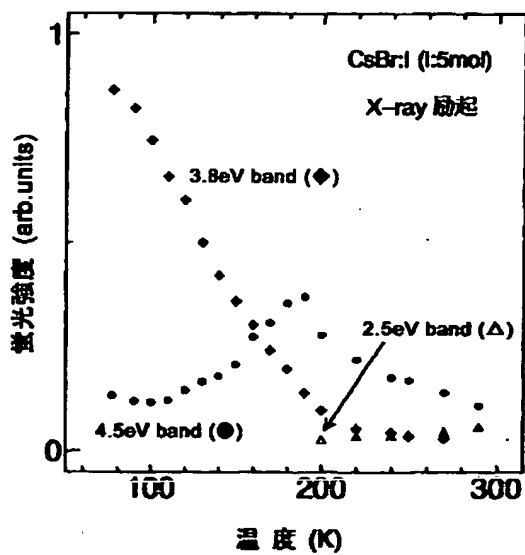
【図4】



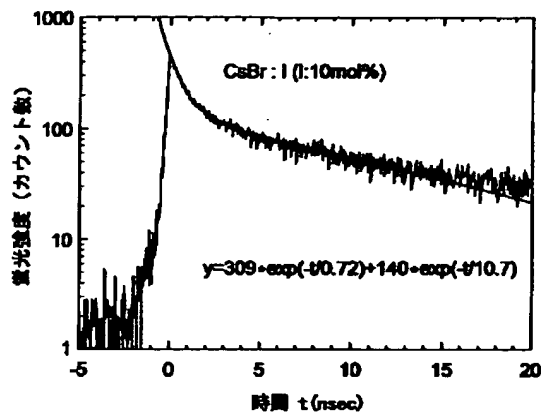
【図5】



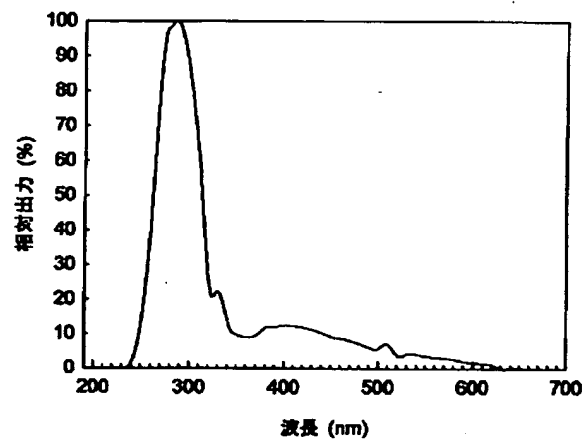
【図6】



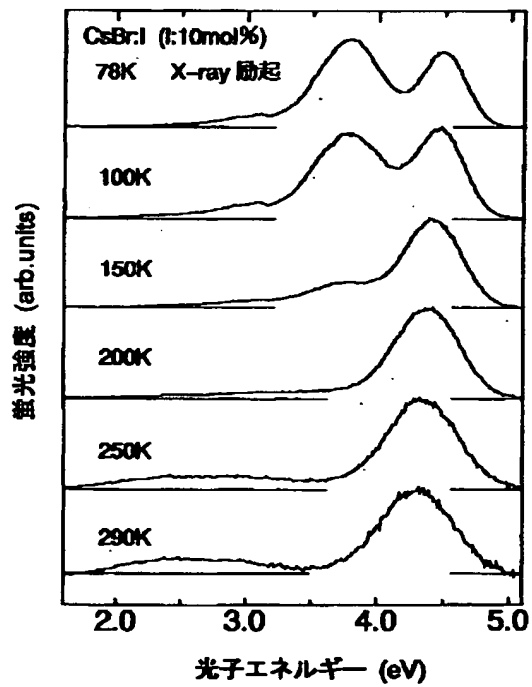
【図7】



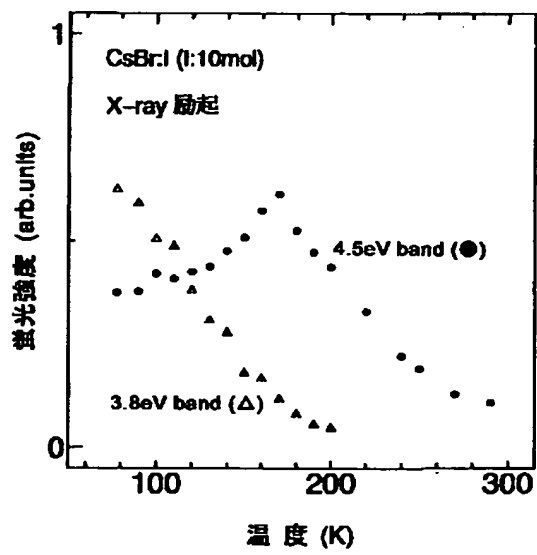
【図8】



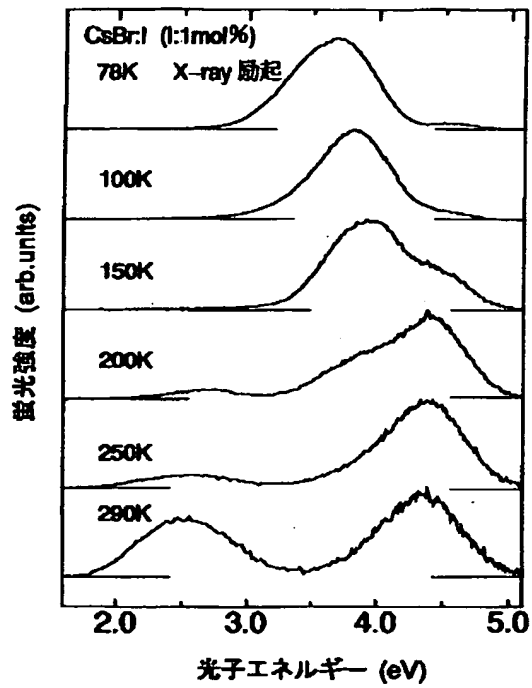
【図9】



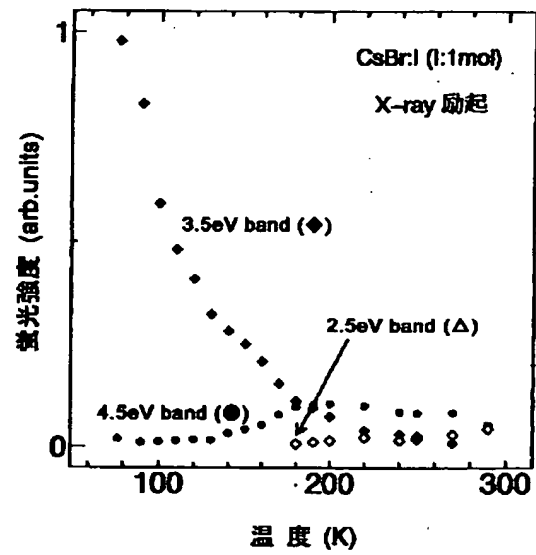
【図10】



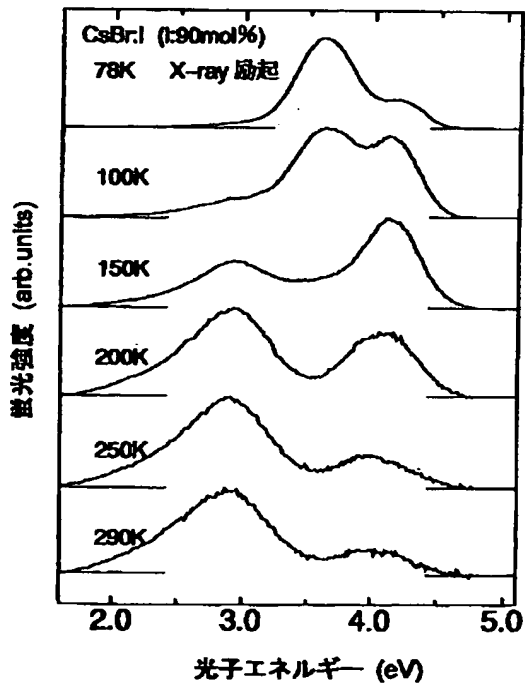
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

